

DERWENT-ACC-NO: 2000-535868

DERWENT-WEEK: 200453

COPYRIGHT 2007 DERWENT INFORMATION LTD

TITLE: Die cast piston for direct injection type internal combustion engine of vehicle, is made of aluminum-nickel-copper group crystal material with predefined amount of potassium

PATENT-ASSIGNEE: NIPPON LIGHT METAL CO[NIMI]

PRIORITY-DATA: 1999JP-0004018 (January 11, 1999)

PATENT-FAMILY:

PUB-NO	PUB-DATE	LANGUAGE	PAGES	MAIN-IPC
JP 3552565 B2	August 11, 2004	N/A	010	B22D 017/00
JP <b>2000204428</b> A	July 25, 2000	N/A	007	C22C 021/02

APPLICATION-DATA:

PUB-NO	APPL-DESCRIPTOR	APPL-NO	APPL-DATE
JP 3552565B2	N/A	1999JP-0004018	January 11, 1999
JP 3552565B2	Previous Publ.	JP2000204428	N/A
JP2000204428A	N/A	1999JP-0004018	January 11, 1999

INT-CL (IPC): B22C009/24, B22D017/00, C22C001/02, C22C021/02, C22F001/00, C22F001/043, F02F003/00, F16J001/01

ABSTRACTED-PUB-NO: JP2000204428A

BASIC-ABSTRACT:

NOVELTY - The piston is formed with crystallization cast structure containing silicon with particle diameter 5-10  $\mu$  m, aluminum-nickel group and aluminum-nickel-copper crystals. The amount of potassium in the piston per 1cc/100 g of aluminum is 0.01 pieces/cm<sup>2</sup>.

DETAILED DESCRIPTION - The Al alloy piston contains 11-16 weight percent (wt.%) of Si, 0.5-2.0 wt.% of Mg, 3-7 wt.% of Cu, 3-7 wt.% of Ni, 0.2-1.5 wt.% of Fe, 0.2-1.0 wt.% of Mn, 0.003-0.15 wt.% of P, 0.002 or less wt.% of Ca. The amount of impurities is regulated to less than 0.2 wt.%. An INDEPENDENT CLAIM is also included for the manufacture of die cast piston.

USE - For direct injection type internal combustion engines of vehicles.

ADVANTAGE - Excels in fatigue strength at high temperature and antiwear quality due to the copper composition of potassium.

CHOSEN-DRAWING: Dwg.1/1

PAT-NO: JP02000204428A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP **2000204428** A

TITLE: PISTON MADE BY DIE CASTING AND EXCELLENT IN HIGH TEMPERATURE FATIGUE STRENGTH AND ITS PRODUCTION

PUBN-DATE: July 25, 2000

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
HORIKAWA, HIROSHI	N/A
KURAMASU, YUKIO	N/A
ODA, KAZUHIRO	N/A

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NIPPON LIGHT METAL CO LTD	N/A

APPL-NO: JP11004018

APPL-DATE: January 11, 1999

INT-CL (IPC): C22C021/02, B22C009/24 , B22D017/00 , C22C001/02 , C22F001/043 , F02F003/00 , F16J001/01 , C22F001/00

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain a piston made of an aluminum alloy and excellent in high temp. characteristics and wear resistance by a die-casting method.

SOLUTION: This piston made by die casting is the one having a compsn. contg. 11 to 16% Si, 0.5 to 2.0% Mg, 3 to 7% Cu, 3 to 7% Ni, 0.2 to 1.5% Fe, 0.2 to 1.0% Mn, 0.003 to 0.015% P and  $\leq 0.002\%$  Ca, in which the total content of other impurities is controlled to  $\leq 0.2\%$ , in which primary crystal Si of 5 to 10  $\mu\text{m}$  average particle size and Al-Ni and Al-Ni-Cu crystallized products of 5 to 10  $\mu\text{m}$  average particle size are crystallized out in the cast structure, the amt. of gas to be occluded is  $\leq 1$  cc/100 g/Al, and K10 value expressing the average number of inclusions is  $\leq 0.01$  pieces/cm<sup>2</sup>. Moreover, it often contains 0.01 to 0.3% Ti, 0.0001 to 0.03% B, 0.01 to 0.3% Cr, 0.01 to 0.3% Zr or the like. It is cast by force-feeding molten metal into die cavities in which atmosphere is controlled by evacuation and the subsequent blowing of oxygen. After the casting, heat treatment such as T5 and T6 may be executed thereto without generating blistering.

(19) 日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-204428

(P2000-204428A)

(43) 公開日 平成12年7月25日 (2000.7.25)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード (参考)
C 2 2 C 21/02		C 2 2 C 21/02	3 J 0 4 4
B 2 2 C 9/24		B 2 2 C 9/24	A 4 E 0 9 3
B 2 2 D 17/00		B 2 2 D 17/00	C
C 2 2 C 1/02	5 0 3	C 2 2 C 1/02	5 0 3 J
C 2 2 F 1/043		C 2 2 F 1/043	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 7 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平11-4018

(22) 出願日 平成11年1月11日 (1999.1.11)

(71) 出願人 000004743

日本軽金属株式会社

東京都品川区東品川二丁目2番20号

(72) 発明者 堀川 宏

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号

日本軽金属株式会社グループ技術センター  
内

(72) 発明者 倉増 幸雄

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号

日本軽金属株式会社グループ技術センター  
内

(74) 代理人 100092392

弁理士 小倉 亘

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 高温疲労強度に優れたダイカスト製ピストン及びその製造方法

## (57) 【要約】

【目的】 高温特性及び耐摩耗性に優れたアルミニウム合金製ピストンをダイカスト法で得る。

【構成】 このダイカスト製ピストンは、Si: 11~16%, Mg: 0.5~2.0%, Cu: 3~7%, Ni: 3~7%, Fe: 0.2~1.5%, Mn: 0.2~1.0%, P: 0.003~0.015%, Ca: 0.002%以下を含み、他の不純物が合計量0.2%以下に規制された組成をもち、平均粒径5~10μmの初晶Si及び平均粒径5~10μmのAl-Ni系及びAl-Ni-Cu系晶出物が鑄造組織に晶出しており、吸蔵ガス量が1cc/100g-Al以下、介在物の平均個数を表わすK<sub>10</sub>値が0.01個/cm<sup>2</sup>以下である。更にTi: 0.01~0.3%, B: 0.0001~0.03%, Cr: 0.01~0.3%, Zr: 0.01~0.3%等を含むこともある。真空引き、次いで酸素吹込みにより雰囲気調整した金型キャビティに溶湯を圧入することにより鑄造される。鑄造後、膨れの発生なくT5、T6等の熱処理を施すこともできる。

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 Si:11~16重量%, Mg:0.5~2.0重量%, Cu:3~7重量%, Ni:3~7重量%, Fe:0.2~1.5重量%, Mn:0.2~1.0重量%, P:0.003~0.015重量%, Ca:0.002重量%以下を含み、残部が実質的にAlで、他の不純物が合計量0.2重量%以下に規制された組成をもち、平均粒径5~10 $\mu$ mの初晶Si及び平均粒径5~10 $\mu$ mのAl-Ni系及びAl-Ni-Cu系晶出物が鑄造組織に晶出しており、吸蔵ガス量が1cc/100g-Al以下、介在物の平均個数を表わすK<sub>10</sub>値が0.01個/cm<sup>2</sup>以下である高温疲労強度に優れたダイカスト製ピストン。

【請求項2】 更にTi:0.01~0.3重量%, B:0.0001~0.03重量%, Cr:0.01~0.3重量%, Zr:0.01~0.3重量%の少なくとも1種を含む請求項1記載の高温疲労強度に優れたダイカスト製ピストン。

【請求項3】 真空度100ミリバール以下に減圧した後で大気圧以上の圧力で酸素を吹き込むことにより雰囲気調整した金型のキャビティに、脱ガス・脱滓処理を経て740~780℃で保持処理した請求項1又は2の組成をもつアルミニウム合金溶湯を650~740℃の鑄造温度で圧入することを特徴とする高温疲労強度に優れたダイカスト製ピストンの製造方法。

【請求項4】 鑄造後、170~230℃に1~10時間加熱する時効処理を施す請求項3記載の高温疲労強度に優れたダイカスト製ピストンの製造方法。

【請求項5】 鑄造後、470~500℃に1~10時間加熱する溶体化処理、水焼入れ、次いで170~230℃に1~10時間加熱する時効処理を施す請求項3記載の高温疲労強度に優れたダイカスト製ピストンの製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、車輛用等の内燃機関に使用されるダイカスト製ピストン及びその製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】内燃機関に使用されるピストンとして、軽量化を図るためアルミニウム合金AC8A(Si:11.0~13.0重量%, Cu:0.8~1.3重量%, Mg:0.7~1.3重量%, Ni:0.8~1.5重量%)を重力鑄造法したアルミニウム製ピストンが使用されている。要求特性としても、耐熱性があり、高温疲労強度も250℃における設定値をクリアすれば十分であった。しかし、不完全燃焼なく燃費を向上させ、大出力が得られる直噴型エンジンでは、ピストンヘッドに燃料が直接噴射されるため、従来の内燃機関に比較して約100℃程度高い高温雰囲気中にピストンが曝さ

れる。雰囲気の高温化は、ガソリンを使用したエンジンに止まらず、ディーゼルエンジンでも同様の傾向にある。それに伴って、従来の設定値を350℃でも満足する特性、具体的には350℃における100MPa以上の強度及び60MPa以上の高温疲労強度( $\times 10^7$  サイクル)が要求される。

【0003】アルミニウム合金製ピストンとして、350℃での高温特性を満足する材料は種々開発されている。たとえば、超急冷凝固したナノクリстал材料、セラミックファイバ等を複合化したFRM材料等が挙げられるが、何れも製法上から非常に高価な材料となる。そこで、生産性が良く、安価なダイカスト鑄造が望まれている。しかし、ダイカスト鑄造による場合、金型キャビティに残留するN<sub>2</sub>、水蒸気等のガス成分が注入されたアルミニウム合金溶湯に巻き込まれ、ブローホール、ポロシティ等の鑄造欠陥となって製品に移行する。鑄造欠陥は、フクレや高温疲労クラックの起点となり、ピストンの耐久性を低下させる。また、介在物が高温疲労クラックの原因になることもある。

【0004】ガス成分は、キャビティに残留している空気の他に、金型内面に塗布された離型剤、ブランジャに塗布された潤滑剤等に由来する水蒸気等もある。ガス成分は、アルミニウム合金の圧入に先立って金型キャビティを真空引きする真空ダイカスト法である程度除去できるものの、ピストン等の機能材料としてダイカスト製品を使用するには混入ガス由来の鑄造欠陥が依然として含まれている。真空ダイカスト法の欠点を解消するものとして、酸素ダイカスト法が知られている(特開昭50-21143号公報参照)。酸素ダイカスト法では、キャビティ内のガスを酸素に置換するため、大気圧以上の圧力で酸素をキャビティに充填させている。キャビティに送り込まれた酸素は金型の合せ目や注入口から吹き出すため、金型の合せ目や注入口から外気がキャビティに侵入することが防止される。送り込まれた酸素は、溶湯と反応して微細なAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>になって製品内に分散し、ダイカスト製品に悪影響を及ぼすことはない。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】大気圧以上で酸素をキャビティに送り込むことによっても、キャビティからガスを完全に除去することは困難である。ガスの残留は、キャビティが複雑形状をもつ場合に発生しがちである。すなわち、ピストン鑄造用の金型では、複雑形状のキャビティに設計されるため、酸素が供給されない陥路が生じ易い。陥路では空気、水蒸気等のガスが酸素と置換されずに残留し、残留ガスがダイカスト製品に取り込まれ、鑄造欠陥を発生させる原因になる。また、ダイカスト製品にT5処理、T6処理等の熱処理を施して機械的特性を向上させようとする、製品内部に取り込まれているガスに起因して熱処理後の製品に膨れが発生してしまう。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明は、このような問題を解消すべく案出されたものであり、アルミニウム合金溶湯の圧入に先立って金型のキャビティをガス成分が完全に除去された雰囲気調整し、保持処理された所定組成のアルミニウム合金溶湯を圧入することにより、吸蔵ガス量を大幅に低減し、疲労破壊の起点となるガス起因の鑄造欠陥や介在物を抑制し、優れた高温疲労強度をもつダイカスト製ピストンを得ることを目的とする。

【0007】本発明のダイカスト製ピストンは、その目的を達成するため、Si: 11~16重量%, Mg: 0.5~2.0重量%, Cu: 3~7重量%, Ni: 3~7重量%, Fe: 0.2~1.5重量%, Mn: 0.2~1.0重量%, P: 0.003~0.015重量%, Ca: 0.002重量%以下を含み、残部が実質的にAlで、他の不純物が合計量0.2重量%以下に規制された組成をもち、平均粒径5~10 $\mu$ mの初晶Si及び平均粒径5~10 $\mu$ mのAl-Ni系及びAl-Ni-Cu系晶出物が鑄造組織に晶出しており、吸蔵ガス量が1cc/100g-Al以下、介在物の平均個数を表わす $K_{10}$ 値が0.01個/cm<sup>2</sup>以下であることを特徴とする。使用するアルミニウム合金は、更にTi: 0.01~0.3重量%, B: 0.0001~0.03重量%, Cr: 0.01~0.3重量%, Zr: 0.01~0.3重量%の少なくとも1種を含むことができる。

【0008】このダイカスト製ピストンは、真空度100ミリバール以下に減圧した後で大気圧以上の圧力で酸素を吹き込むことにより雰囲気調整した金型のキャビティに、脱ガス・脱滓処理を経て740~780℃で保持処理した所定組成のアルミニウム合金溶湯を650~740℃の鑄造温度で圧入することにより製造される。鑄造後、170~230℃に1~10時間加熱するT5処理又は470~500℃に1~10時間加熱する溶体化、水焼入れ、次いで170~230℃に1~10時間加熱するT6処理で強度を向上させることもできる。

## 【0009】

【作用】金型のキャビティを真空度100ミリバール以下に減圧した後で、大気圧以上の圧力で酸素を吹き込むと、吹き込まれた酸素は、従来の酸素ダイカスト法に比較して格段に速い流速で流動し、複雑形状のキャビティであってもキャビティの隅々まで十分に行きわたる。そのため、金型内面に付着している離型剤や潤滑剤由来の水蒸気等も酸素流によって十分に洗い出される。このように金型内部が清浄化されたキャビティにアルミニウム合金溶湯が圧入されるため、キャビティを充填する合金溶湯に巻き込まれるガスが大幅に少なくなる。得られたダイカスト製品は、ガス巻きみに起因するブローホール、ポロシティ等の鑄造欠陥がなく、介在物も抑制されているため、優れた高温疲労強度を示す。高温疲労強度は、Al-Ni系やAl-Ni-Cu系の晶出物によつ

て更に改善される。更には、熱処理時に膨れ発生がないため、T6処理でMg<sub>2</sub>Si, CuAl<sub>2</sub>等を析出させることによって必要強度を付与できる。たとえば、従来の重力鑄造法で金型に注湯して製造されるピストンの吸蔵ガス量が0.2~1.0cc/100g-Alであるのに対し、普通ダイカスト法で製造した鑄物では吸蔵ガス量が5~20cc/100g-Alと多く、ピストン用には適さない。これに対し、本発明法で得られるダイカスト製ピストンは、吸蔵ガス量が1.0cc/100g-Al以下と非常に低くなるため、ピストンとして使用可能である。

【0010】以下、本発明で使用するアルミニウム合金の成分、含有量、製造条件等を説明する。

Si: 11~16重量%

初晶Siとして晶出し、耐熱性及び耐摩耗性を改善する合金成分である。また、共晶Siにより熱膨張率を低下させ、鑄造時の湯流れを向上する上でも有効な成分である。更に、時効処理によってMg<sub>2</sub>Siとして析出し、機械強度を向上させる。このような効果は、11重量%以上のSi含有量で顕著になる。しかし、16重量%を超える過剰量のSiが含まれると、疲労破壊の原因となる粗大な初晶Siが発生しやすくなる。また、鑄造温度を730℃以上の高温にする必要が生じる。

Mg: 0.5~2.0重量%

時効処理でMg<sub>2</sub>Siとして析出し、機械強度を向上させる合金成分であり、0.5重量%以上でMgの添加効果が顕著になる。しかし、Mg含有量が2.0重量%を超えると、鑄造時に粗大なMg<sub>2</sub>Siが晶出し、疲労強度が劣化する。他方、0.5重量%未満のMg含有量では、時効処理によるMg<sub>2</sub>Siの析出量が少なく、強度が不足する。

【0011】Cu: 3~7重量%

マトリックスに固溶し、またNiと共存するときAl<sub>3</sub>Ni(Cu)<sub>2</sub>等の微細な高融点晶出物となって、高温強度及び高温疲労強度を改善する合金成分である。また、時効処理でAl<sub>2</sub>Cuとして晶出することにより、材料強度を向上させる作用も呈する。必要な高温強度を確保する上では、3重量%以上のCu含有量が必要である。しかし、同含有量が7重量%を超えると、伸びを低下させる粗大なAl<sub>2</sub>Cuが晶出しやすくなる。

Ni: 3~7重量%

マトリックスに固溶したNiは、高温強度、高温疲労強度及び耐熱性の向上に有効である。固溶しないNi分は、ダイカストで得られる鑄造組織においては初晶Siと同様に、Al<sub>3</sub>Ni, Al<sub>3</sub>Ni<sub>2</sub>, Al<sub>3</sub>Ni(Cu)<sub>2</sub>等の金属間化合物として晶出し、塊状の晶出物となる。高温で安定なこれらの金属間化合物によっても高温強度が向上し、耐摩耗性が改善される。必要な高温強度を確保するため、本発明ではNi含有量を3重量%以上に設定した。しかし、Ni含有量が7重量%を超える

と、溶湯中に初晶 $Al_3Ni$ が晶出しやすくなり、粗大に成長した $Al_3Ni$ によって高温疲労強度が低下する。また、鑄造温度を高温にする必要が生じる。

【0012】Fe: 0.2~1.5重量%

ダイカスト時に金型への焼付きを防止すると共に、種々の金属間化合物として晶出することにより高温強度を向上させる合金成分であり、0.2重量%以上でFeの添加効果が顕著になる。しかし、1.5重量%を超える過剰量のFeが含まれると、Al-Fe系の粗大針状晶出物が生成し、高温疲労強度を劣化させる。

Mn: 0.2~1.0重量%

Al-Fe-Mn-Si系の金属間化合物として塊状に晶出し、高温強度を向上させる合金成分である。また、Mn添加によってAl-Fe系の粗大針状品の生成も抑えられる。このような作用は、0.2重量%以上のMn含有量で顕著になる。しかし、Mn含有量が1.0重量%を超えると、Mn系晶出物が粗大になり、却って高温疲労強度を低下させる。

【0013】P: 0.003~0.015重量%

初晶Siを微細化し、高温疲労強度を低下させる粗大初晶Siの生成を抑制する。また、耐摩耗性に有効な平均長さ2~5 $\mu m$ に共晶Siのサイズを調整する作用を呈する。初晶Siの微細化作用は、0.003重量%以上のP含有量で顕著になる。しかし、0.015重量%を超える過剰量のPが含まれると、湯流れ性が悪化する。

Ca: 0.002重量%以下

湯流れ性を悪化させ、共晶Siを過度に微細化する作用を呈する。本発明においては、共晶Siにも耐摩耗性を負担させていることから、共晶Siが過度に微細化されないように、Ca含有量を可能な限り少なくする。Ca含有量が0.002重量%を超えると、Caで共晶Siの微細化され始め、耐摩耗性が低下する傾向がみられる。

【0014】Ti: 0.01~0.3重量%, B: 0.0001~0.03重量%, Cr: 0.01~0.3重量%, Zr: 0.01~0.3重量%の少なくとも1種以上

Ti, B, Cr及びZrは、必要に応じて添加される成分であり、何れも耐摩耗性及び高温強度の向上に有効である。Ti, Bは、 $\alpha-Al$ 鑄造結晶粒を微細化して高温強度を改善し、0.01重量%以上のTi添加及び0.0001重量%以上のB添加で微細化効果が顕著になる。しかし、0.3重量%を超えるTi添加量や0.03重量%を超えるB添加量では、 $TiAl_3$ ,  $TiB_2$ 等の粗大金属間化合物が晶出し、高温疲労強度を低下させる。Cr: 0.01重量%以上で耐摩耗性の向上効果、Zr: 0.01重量%以上で鑄造結晶粒の微細化効果が顕著になるが、何れも0.3重量%を超える過剰量では粗大金属間化合物となって高温疲労強度を低下させる。

【0015】他の不純物: 合計量0.2重量%以下

本発明で使用するアルミニウム合金には、スクラップ地金等からNa, Sr, Sb, Zn等の不純物が混入する。高温雰囲気でシリンダと接触して摺動するピストンとして使用されることから、高温疲労強度に有害な粗大な酸化物や金属間化合物が製品中に極力混入しないように管理することが重要である。Znは、鑄造割れの発生原因になることもある。この点、不純物は少ないほど好ましく、本発明ではNa, Sr, Sb, Zn等の不純物を合計量で0.2重量%以下に規制した。

【0016】溶湯の調製

所定組成に溶製されたアルミニウム合金溶湯を、 $N_2$ , Arガス等を吹き込んで脱ガス処理し、脱滓フラックスを投入した後、740~780℃に好ましくは30分以上保持する。保持温度が780℃を超えるとエネルギー的に不経済になり、逆に740℃に達しない保持温度では酸化物等の介在物の浮上分離が十分でなくなる。保持処理としては、生産性を向上させる上で鑄造炉とは別途の保持炉を使用することが好ましい。保持処理によって、すでに原料地金中に生じている金属間化合物が十分に溶湯に溶し込まれ、疲労クラックの原因が予め除去される。疲労破壊の起点となる炉滓も、保持処理によって溶湯から浮上分離される。

【0017】保持処理されたアルミニウム合金溶湯は、降温して650~740℃になったときに鑄造に供される。740℃を超える温度でダイカストすると、金型の寿命が短くなり、金型に対する溶湯の焼付きが生じ易くなる。逆に650℃未満の鑄造温度では、金型に圧入された溶湯の湯流れが悪化し、肉厚不良等の鑄造欠陥が発生しやすくなる。鑄造温度650~740℃の比較的低温に溶湯を保持する時間は、短いほど好ましい。このときの保持時間が30分を超えると、 $Al_3Ni$ ,  $TiAl_3$ ,  $TiB_2$ , Mg-Sb等の金属間化合物が溶湯中に晶出し始める。金属間化合物が成長し、製品中で粗大金属間化合物となって分散すると、高温疲労破壊の原因となる。

【0018】金型キャビティの雰囲気調整

保持処理したアルミニウム合金溶湯を金型に圧入するに先立って、キャビティを真空引きし、次いで大気圧以上の圧力で酸素を吹き込む。真空度100ミリバール以下にキャビティを減圧すると、キャビティ内にある $N_2$ 等のガス成分が減少する。真空度100ミリバールまで減圧するため、金型の合せ目等をシール材で充填し、外気の侵入を防止することが好ましい。次いで、大気圧以上の圧力で酸素を吹き込むと、吹き込まれた酸素が高速流となってキャビティの隅々まで行きわたり、金型内面に塗布された離型剤やブランジャに塗布された潤滑剤等に由来する水蒸気が完全に酸素流で洗い出され、複雑形状のキャビティにあっても空気、水蒸気等がない雰囲気となる。このとき、キャビティが大気圧以上の圧力に維持

されているため、外気の侵入が抑えられる。雰囲気調整されたキャビティにアルミニウム合金溶湯が圧入されるため、キャビティ内でアルミニウム合金溶湯が冷却凝固する際に空気、水蒸気等の有害ガス成分がアルミニウム合金に巻き込まれることがない。また、キャビティにある酸素は、アルミニウム合金溶湯と反応し、反応生成物  $Al_2O_3$  が微細粒子としてマトリックスに分散するため、得られるダイカスト製品に悪影響を及ぼさない。

【0019】このような雰囲気調整により、ダイカスト製品に含まれる吸蔵ガス量を  $1cc/100g-Al$  以下に下げることが可能になる。得られたダイカスト製品は、吸蔵ガス量が大幅に低減しているため、従来のダイカスト製品を熱処理したとき製品表面に発生していた膨れが検出されず、T5処理、T6処理等の熱処理で機械的強度を向上させることができる。また、高温雰囲気中でピストンとして使用している際にも、吸蔵ガスの膨張がなく、長期間にわたり円滑な運転が可能となる。更に、吸蔵ガス量が極端に少ないことは、高温疲労破壊の起点となるブローホール、ポロシティ等のないことを意味し、この点でも高温強度、高温疲労強度、耐摩耗性が要求されるピストンに適した材料といえる。

#### 【0020】 鋳造組織

雰囲気調整されたキャビティに圧入されたアルミニウム合金は、吸蔵ガス量が極めて少ないダイカスト製ピストンが得られる。しかも、成分調整によって初晶  $Si$ 、 $Al-Ni$ 系、 $Al-Ni-Cu$ 系の初晶晶出物の平均粒径を  $5\sim 10\mu m$  の範囲にしているため、高温雰囲気中でシリンダと接触して運転されるピストンに要求される耐摩耗性及び高温強度が満足される。平均粒径が  $10\mu m$  を超える初晶晶出物は高温疲労破壊の亀裂発生原因となり、平均粒径  $5\mu m$  未満の初晶晶出物では耐摩耗性が不足する。

【0021】 介在物の平均個数:  $K_{10}$  値で  $0.01個/cm^2$  以下

ダイカストで得られた鋳造組織には、 $Al$ 、 $Na$ 、 $Ca$ 、 $Sr$ 、 $Mg$ 等の酸化物による酸化皮膜、 $Al-Si-Fe$ 系、 $Al-Ti$ 系、 $Ti-B$ 系、 $Mg-Sb$ 系等の晶出金属間化合物、地金溶解時に溶解しきれない粗大金属間化合物、炉材、工具等から混入する異物等による介在物が肉眼や10倍ルーペ等で観察される。ピストンとして要求される疲労強度をもたせるためには、粗大介在物を観察視野において  $0.01個/cm^2$  以下に抑えることが重要である。介在物の平均個数は、鋳造された合金材料の破断面を10倍ルーペで観察し、カウントされた個数を単位面積当りに換算した  $K_{10}$  値で表示される。平均個数の測定に際しては、左右の2破断面を一片とし、5~6片を1試料として評価される。本発明では、更にその面積  $25cm^2$  で1試料のデータとし、7試料のデータの平均値として介在物の平均個数を算出した。このように求められた  $K_{10}$  値が  $0.01個/cm^2$

以下であると、優れた伸び特性及び疲労強度が合金材料に付与される。他方、 $K_{10}$  値が  $0.01個/cm^2$  を超える場合、必要とする疲労強度が得られない。

【0022】  $0.01個/cm^2$  以下の  $K_{10}$  値は、次の方法で達成できる。合金配合時に混入してくる  $Na$ 、 $Ca$ 、 $Sr$ 、 $Sb$ 、 $Zn$ 、 $Pb$ 、 $Sn$ 、 $Bi$ 等を配合原料の選択によって極力抑えると共に、溶製時の酸化後に溶湯を  $740\sim 780^\circ C$  で好ましくは30分以上高温保持することにより、混入してきた  $Na$ 、 $Ca$ 、 $Sr$ 、 $Sb$ 、 $Zn$ 、 $Pb$ 、 $Sn$ 、 $Bi$ 等を炉滓として溶湯から浮上分離する。浮上したスラグを溶湯から除去すると、 $Na$ 、 $Ca$ 、 $Sr$ 、 $Sb$ 、 $Zn$ 、 $Pb$ 、 $Sn$ 、 $Bi$ 等の極めて少ないアルミニウム合金溶湯となる。 $Mg$ 、 $Al$ 等も酸化皮膜となって溶湯表面に浮遊するが、これら酸化皮膜は、除滓時に溶湯から分離される。更に、鋳造時の低温保持時間を短くすることにより、 $Fe$ 、 $Ti$ 、 $Sb$ 等が  $FeAl_3$ 系、 $TiAl_3$ 系、 $Mg-Sb$ 系化合物として粗大晶出物に成長することを抑制する。炉材や工具に由来する介在物は、 $740\sim 780^\circ C$  の保持処理で溶湯から分離される。

#### 【0023】 熱処理

ダイカスト製ピストンは、T5処理又はT6処理で  $Mg_2Si$ 、 $CuAl_2$ 等を析出させることにより、更に強度が向上する。T5処理では、鋳物を  $170\sim 230^\circ C$  に1~10時間加熱する。T6処理では、 $470\sim 500^\circ C \times 1\sim 10$ 時間の溶体化処理後に水焼入れし、 $170\sim 230^\circ C \times 1\sim 10$ 時間で時効処理する。焼入れに際しては、常温~ $80^\circ C$ の水が使用される。この熱処理条件を外れると、十分な処理効果が得られず、或いは熱処理コストが高くなる。T6処理は、溶体化を伴うことから処理コストが高くなるが、より高い機械強度が得られる。熱処理される鋳物は、金型キャビティの雰囲気調整によって吸蔵ガス量が極めて低く抑えられているため、熱処理時の加熱でガス成分が膨張して膨れを発生させることがない。この点は、従来のダイカスト製品と大きく相違するところである。また、要求される設計値を満足する限り、強度は若干低下するものの、時効処理温度を高くして時効析出による寸法の歪みを抑え、機械加工量も少なくする寸法安定化処理も採用できる。この場合の時効条件は、 $230\sim 350^\circ C \times 1\sim 5$ 時間に設定される。この時効条件は、本発明ピストンの最高使用温度が  $350^\circ C$ であることを考慮すると、T5処理、T6処理の時効条件としても使用可能である。

#### 【0024】

【実施例】 回転ロータから  $N_2$  ガスを30分噴出させ、成分調整したアルミニウム合金溶湯を脱ガス処理した。次いで、脱滓フラックスを用いて脱滓処理し、 $750^\circ C$  に45分間保持することにより溶湯から介在物を十分に浮上分離させ、溶湯表面に浮遊している滓を除去した。調製されたアルミニウム合金溶湯は、 $Si:12.6重$

量%, Cu: 4.2重量%, Mg: 1.2重量%, Ni: 4.5重量%, Fe: 0.51重量%, Mn: 0.35重量%, P: 0.007重量%, Ca: 0.001重量%, Ti: 0.02重量%, B: 0.0001重量%, Cr: 0.08重量%, Zr: 0.05重量%, Na<0.001重量%, Sr<0.001重量%, Sb<0.001重量%, Zn: 0.03重量%, 残部が不純物を除きAlの組成をもっていた。

【0025】アルミニウム合金溶湯が660℃に降温したとき、ダイカスト金型に鋳込み、図1に示す形状をもち外径84mm、高さ72mmのピストンを製造した。なお、鋳造に先立って200℃に加熱した金型の内面に離型剤を塗布し、キャビティを吸引量700ミリバール/秒で真空引きして真空度75ミリバールに減圧し、次いで1200ミリバールの圧力で酸素を吹き込んでオーバーフローさせることにより雰囲気調整した。また、アルミニウム合金溶湯をキャビティに圧入するブランジャにも潤滑剤を塗布した。雰囲気調整されたキャビティに鋳込まれたアルミニウム合金が冷却凝固した後、製品であるピストンを金型から鋳物を取り出した。得られた製品から試験片を切り出し、成分分析すると共に、ミクロ組織を観察し、吸蔵ガス量及び介在物の個数を測定した。また、鋳造後の製品に220℃×6時間加熱のT5処理を施した後、機械的性質を調査した。吸蔵ガス量は、ランズレー法で測定した。

【0026】介在物の個数測定では、鋳造されたピストンから切り出された高さ0.5cm、長さ5cmの長尺厚板にノッチを入れて破断し、肉眼及び10倍ルーペで1試料につき0.5cm×5cmの10破断面(2面)、すなわち合計で25cm<sup>2</sup>の面積を観察して1試料のデータとし、7試料のデータの平均値として介在物の個数をカウントし、カウント数を1cm<sup>2</sup>に換算する\*

\*ことによりK<sub>10</sub>値を算出した。介在物は、大半が酸化物系であり、0.1~3mm程度の介在物が黒みがかった色調を呈していた。調査結果を表1に示す。なお、比較のため、重力鋳造法で鋳造する以外は同じ条件下で製造したピストン(比較例1)、780℃で溶解したアルミニウム合金溶湯を脱ガス・脱滓処理した後で保持処理することなく、660℃に下がったときキャビティが雰囲気調整された金型に鋳込んで製造したピストン(比較例2)についても同様に調査した。

【0027】比較例1は、同じ条件下で調製したアルミニウム合金溶湯から作られたものであるため介在物の個数はほぼ同じであったが、冷却速度が遅い重力鋳造法で製造されたことから、初晶Siが平均粒径で16μm、Al-Ni系、Al-Ni-Cu系晶出物が平均粒径で35μmと大きな鋳造組織をもっていた。粗大な晶出物のため、高温の機械的性質が劣っていた。ただし、吸蔵ガス量は、ダイカスト法で製造した本発明例及び比較例2よりも若干少なかった。比較例2では、介在物の浮上分離させる保持処理を施さなかったため、得られたダイカスト製品に多数の介在物が分散した。また、吸蔵ガス量は低いものの、本発明例との比較で高温の機械的性質が劣っていた。これに対し、本発明例では、介在物が少なく適正な大きさの晶出物が分散した組織をもっていた。吸蔵ガス量は、ダイカスト法の1種であるにも拘わらず、重力鋳造で製造した比較例1とほぼ同じ低い値を示した。このようなことから、重力鋳造法よりも格段に生産性が高いダイカスト法により、350℃での引張強さが100MPa以上、高温疲労強度(×10<sup>7</sup> サイクル)が60MPa以上となり、高温雰囲気中で稼動する直噴型エンジンのピストンとして十分使用できることが判った。

【0028】

表1: ダイカスト製ピストンの物性に及ぼす製造条件の影響

試験区分		本発明例	比較例1	比較例2
ダイカスト法		真空引き →酸素吹込み	重力鋳造	真空引き →酸素吹込み
溶湯保持	温度(℃)	750	750	保持処理せず
	時間(分)	45	45	
共晶Siの平均長さ(μm)		5.8	16	6.5
Al-Ni系、Al-Ni-Cu系 晶出物の平均粒径(μm)		7.5	35	7.2
介在物の個数(個/cm <sup>2</sup> )		0.002	0.003	0.015
吸蔵ガス量(cc/100g-Al)		0.4	0.3	0.4
T5処理材 350℃での 機械的性質	引張強さ (MPa)	105	66	89
	高温疲労強度 (Mpa)	62	43	53
疲労強度は、10 <sup>7</sup> サイクル後の値で示す。				

## 【0029】

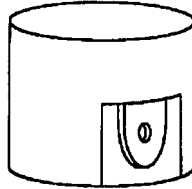
【発明の効果】以上に説明したように、本発明のダイカスト製ピストンは、ダイカスト法で製造されたものであるにも拘わらず、吸蔵ガス量が極めて低く抑えられているため、疲労破壊の起点となるブローホール、ポロシティ等の鑄造欠陥がなく、また膨れの発生なく熱処理で強度を向上させることもできる。このようにして、生産性

に優れたダイカスト法で製造できることから、高温雰囲気中で稼動される直噴型エンジンを始めとする各種内燃機関に使用され、高温強度、高温疲労強度及び耐摩耗性に優れたダイカスト製ピストンが安価に提供される。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】 実施例で製造したピストン

【図1】



フロントページの続き

(51)Int. Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

タームコード(参考)

)

F 0 2 F 3/00

F 0 2 F 3/00

G

F 1 6 J 1/01

F 1 6 J 1/01

// C 2 2 F 1/00

C 2 2 F 1/00

6 0 1

6 0 1

6 0 2

6 0 2

6 1 1

6 1 1

6 5 0 D

6 5 0

6 5 1 B

6 5 1

6 8 1

6 8 1

6 9 1 B

6 9 1

6 9 1 C

6 9 2 A

6 9 2

(72)発明者 織田 和宏

Fターム(参考) 3J044 AA02 BA04 CA40 EA01

静岡県庵原郡蒲原町蒲原1丁目34番1号

4E093 UA06

日本軽金属株式会社グループ技術センター

内

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] Less than [ calcium:0.002 % of the weight ] is included Si:11-16 % of the weight, Mg:0.5-2.0 % of the weight, Cu:3-7 % of the weight, nickel:3-7 % of the weight, Fe:0.2-1.5 % of the weight, Mn:0.2-1.0 % of the weight, and P:0.003 to 0.015% of the weight. The remainder substantially with aluminum Other impurities had the presentation regulated by 0.2 or less % of the weight of total quantities, and the primary phase Si with a mean particle diameter of 5-10 micrometers, the aluminum-nickel system with a mean particle diameter of 5-10 micrometers, and the aluminum-nickel-Cu system crystallization object have crystallized to cast structure. K10 to which the amount of occluded gas expresses one cc / 100 g-aluminum or less, and the average number of inclusion A value is 2 0.01 pieces/cm. Piston made from die casting excellent in the fatigue-at-elevated-temperature reinforcement which is the following.

[Claim 2] Furthermore, the piston made from die casting excellent in the fatigue-at-elevated-temperature reinforcement containing at least one sort (Ti:0.01-0.3 % of the weight, B:0.0001 - 0.03 % of the weight, Cr:0.01-0.3 % of the weight, and Zr:0.01-0.3 % of the weight) according to claim 1.

[Claim 3] The manufacture approach of the piston made from die casting excellent in the fatigue-at-elevated-temperature reinforcement characterized by pressing fit the aluminium alloy molten metal which has claim 1 or the presentation of 2 which carried out maintenance processing at 740-780 degrees C through degasifying and deslag processing in the cavity of the metal mold which carried out the controlled atmosphere by blowing oxygen by the pressure more than an atmospheric pressure after decompressing in degree of vacuum of 100mb or less at the casting temperature of 650-740 degrees C.

[Claim 4] The manufacture approach of the piston made from die casting excellent in the fatigue-at-elevated-temperature reinforcement according to claim 3 which performs aging treatment heated at 170-230 degrees C after casting for 1 to 10 hours.

[Claim 5] The manufacture approach of the piston made from die casting excellent in the fatigue-at-elevated-temperature reinforcement according to claim 3 which performs solution treatment heated at 470-500 degrees C after casting for 1 to 10 hours, water quenching, and aging treatment subsequently to 170-230 degrees C heated for 1 to 10 hours.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the piston made from die casting used for the internal combustion engines for vehicles etc., and its manufacture approach.

[0002]

[Description of the Prior Art] As a piston used for an internal combustion engine, in order to attain lightweight-ization, the piston made from aluminum which carried out the gravity casting method of the aluminium alloy AC8A (Si:11.0-13.0 % of the weight, Cu:0.8-1.3 % of the weight, Mg:0.7-1.3 % of the weight, nickel:0.8-1.5 % of the weight) is used. It was enough, when there is thermal resistance also as demand characteristics and fatigue-at-elevated-temperature reinforcement also cleared the set point in 250 degrees C. However, fuel consumption is raised without incomplete combustion, and with the direct injection mold engine from which high power is obtained, since a fuel is injected directly into the piston head, as compared with the conventional internal combustion engine, a piston is put to an elevated-temperature ambient atmosphere high about 100 degrees C. Elevated-temperature-ization of an ambient atmosphere does not stop at the engine which used the gasoline, but is in the same inclination also by the diesel power plant. In connection with it, the property, the reinforcement [ in / specifically / 350 degrees C ] of 100 or more MPas. and the fatigue-at-elevated-temperature reinforcement (x10<sup>7</sup> cycle) of 60 or more MPas with which are satisfied of at least 350 degrees C of the conventional set points are required.

[0003] As a piston made from an aluminium alloy, various ingredients with which are satisfied of the elevated-temperature property in 350 degrees C are developed. For example, although the FRM ingredient which compounded the nano crystal ingredient which carried out super-rapid solidification, ceramic fiber, etc. is mentioned, all serve as a very expensive ingredient from on a process. Then, productivity is good and cheap die casting is desired. However, when based on die casting, it is involved in the aluminium alloy molten metal into which gas constituents, such as N<sub>2</sub> which remains to a metal mold cavity, and a steam, were poured, it becomes casting defects, such as a blowhole and porosity, and shifts to a product. A casting defect serves as an origin of blistering or a fatigue-at-elevated-temperature crack, and reduces the endurance of a piston. Moreover, inclusion may cause a fatigue-at-elevated-temperature crack.

[0004] Gas constituents have a steam originating in the release agent applied to the metal mold inside, the lubricant applied to the plunger etc. out of the air which remains to the cavity. Although gas constituents are removable to some extent by the vacuum pressure die casting which carries out vacuum suction of the metal mold cavity in advance of press fit of an aluminium alloy, using the die-casting product, the casting defect of the mixing gas origin is still included as functional materials, such as a piston. Oxygen pressure die casting is known as what cancels the fault of vacuum pressure die casting (refer to JP,50-21143,A). In order to permute the gas in a cavity by oxygen, oxygen is made full [ pressure die casting / oxygen ] of a cavity by the pressure more than an atmospheric pressure. Since the oxygen sent into the cavity blows off from the joint and inlet of metal mold, it is prevented that the open air invades into a cavity from the joint and inlet of metal mold. The sent-in oxygen reacts with a molten metal and is detailed aluminum 2O<sub>3</sub>. It becomes, distributes in a product and does not have a bad influence on a die-casting product.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Also by sending oxygen into a cavity above an atmospheric pressure, it is difficult to remove gas from a cavity completely. The residual of gas tends to be generated when a cavity has a complicated configuration. That is, in the metal mold for piston casting, since it is designed by the cavity of a complicated configuration, it is easy to produce \*\*\*\* to which oxygen is not supplied. In \*\*\*\*, it remains without permuting gas, such as air and a steam, by oxygen, and residual gas is incorporated by the die-casting product and becomes the cause of generating a casting defect. Moreover, if T5 processing, T6 processing, etc. tend to be heat-treated for a die-casting product and it is going to raise a mechanical property, it will originate in the gas incorporated inside the product, and bulging will occur for the product after heat treatment.

[0006]

[Means for Solving the Problem] The amount of occluded gas is reduced sharply and it aims at obtaining the piston made from die casting which controls the casting defect and the inclusion of a gas reason used as the origin of fatigue breaking, and has the outstanding fatigue-at-elevated-temperature reinforcement by thinking out this invention that such a problem should be solved, adjusting the cavity of metal mold to the ambient atmosphere from which gas constituents were removed completely in advance of press fit of an aluminium-alloy molten metal, and pressing fit the aluminium-alloy molten metal of the predetermined presentation by which maintenance processing was carried out.

[0007] In order that the piston made from die casting of this invention may attain the purpose, Less than [ calcium:0.002 % of the weight ] is included Si:11-16 % of the weight, Mg:0.5-2.0 % of the weight, Cu:3-7 % of the weight, nickel:3-7 % of the weight, Fe:0.2-1.5 % of the weight, Mn:0.2-1.0 % of the weight, and P:0.003 to 0.015% of the weight. The remainder substantially with aluminum Other impurities had the presentation regulated by 0.2 or less % of the weight of total quantities, and the primary phase Si with a mean particle diameter of 5-10 micrometers, the aluminum-nickel system with a mean particle diameter of 5-10 micrometers, and the aluminum-nickel-Cu system crystallization object have crystallized to cast structure. K10 value as which the amount of occluded gas expresses one cc / 100 g-aluminum or less, and the average number of inclusion is 2 0.01 pieces/cm. It is characterized by being the following. The aluminium alloy to be used can contain at least one sort (Ti:0.01-0.3 % of the weight, B:0.0001 - 0.03 % of the weight, Cr:0.01-0.3 % of the weight, and Zr:0.01-0.3 % of the weight) further.

[0008] This piston made from die casting is manufactured by blowing oxygen by the pressure more than an atmospheric pressure by pressing fit the aluminium alloy molten metal of the predetermined presentation which carried out maintenance processing at 740-780 degrees C through degasifying and deslag processing in the cavity of the metal mold which carried out the controlled atmosphere at the casting temperature of 650-740 degrees C, after decompressing in degree of vacuum of 100mb or less. Reinforcement can also be raised after casting by solution-izing heated for 1 to 10 hours at the T5 processing heated at 170-230 degrees C for 1 to 10 hours, or 470-500 degrees C, water quenching, and the T6 processing subsequently to 170-230 degrees C heated for 1 to 10 hours.

[0009]

[Function] if oxygen is blown by the pressure more than atmospheric pressure after decompressing the cavity of metal mold in degree of vacuum of 100mb or less, the blown oxygen is markedly boiled as compared with the conventional oxygen pressure die casting, flows by the quick rate of flow, and even if it is the cavity of a complicated configuration, it will fully spread to all the corners of a cavity. Therefore, a release agent, a steam of the lubricant origin, etc. adhering to a metal mold inside are fully probed by the oxygen style. Thus, since an aluminium alloy molten metal is pressed fit in the cavity by which the interior of metal mold was defecated, the gas involved in the alloy molten metal filled with a cavity decreases sharply. Since the obtained die-casting product does not have casting defects resulting from gas entrainment, such as a blowhole and porosity, and inclusion is also controlled, the outstanding fatigue-at-elevated-temperature reinforcement is shown. Fatigue-at-elevated-temperature reinforcement improves further with the crystallization object of an aluminum-nickel system or an aluminum-nickel-Cu system. since [ furthermore, ] it blisters at the time of heat treatment and there is no generating -- T6 processing -- Mg<sub>2</sub> Si and CuAl<sub>2</sub> etc. -- need reinforcement can be given by making it deposit. For example, to the amounts of occluded gas of the piston manufactured by carrying out teeming to metal mold by the conventional gravity casting method being 0.2-1.0 cc / 100 g-aluminum, with the casting usually manufactured by pressure die casting, there are many amounts of occluded gas as 5-20 cc / 100 g-aluminum, and they are not suitable for pistons. On the other hand, since the amount of occluded gas becomes very low with 1.0 cc / 100 g-aluminum or less, the piston made from die casting obtained by this invention method is usable as a piston.

[0010] Hereafter, the component of the aluminium alloy used by this invention, a content, manufacture conditions, etc. are explained.

Si: It is the alloy content which crystallizes as a primary phase Si 11 to 16% of the weight, and improves thermal resistance and abrasion resistance. Moreover, it is a component effective also when reducing coefficient of thermal expansion with Eutectic Si and improving the fluidity at the time of casting. Furthermore, by aging treatment, it deposits as Mg<sub>2</sub> Si and mechanical strength is raised. Such effectiveness becomes remarkable with 11% of the weight or more of Si content. However, if Si of the excessive amount exceeding 16 % of the weight is contained, it will become easy to generate the big and rough primary phase Si leading to fatigue breaking. Moreover, it will be necessary to make casting temperature into an elevated temperature 730 degrees C or more.

Mg: Deposit as Mg<sub>2</sub> Si by aging treatment 0.5 to 2.0% of the weight, and it is the alloy content which raises mechanical strength, and the addition effectiveness of Mg becomes remarkable at 0.5 % of the weight or more. However, if Mg content exceeds 2.0 % of the weight, at the time of casting, big and rough Mg<sub>2</sub> Si will crystallize and fatigue strength will deteriorate. On the other hand, in less than 0.5% of the weight of Mg content, there are few amounts of deposits of Mg<sub>2</sub> Si by aging treatment, and reinforcement runs short.

[0011] the time of dissolving to a matrix Cu:three to 7% of the weight, and coexisting with nickel -- aluminum<sub>3</sub> nickel (Cu)<sub>2</sub> etc. -- it is the alloy content which serves as a detailed high-melting crystallization object, and improves high temperature strength and fatigue-at-elevated-temperature reinforcement. Moreover, the operation which raises material strength is also presented by crystallizing as aluminum<sub>2</sub> Cu by aging treatment. When securing required high temperature strength, 3% of the weight or more of Cu content is required. However, if this content exceeds 7 % of the weight, it will become easy to crystallize big and rough aluminum<sub>2</sub> Cu to which elongation is reduced.

nickel: nickel which dissolved to the matrix three to 7% of the weight is effective in high temperature strength, fatigue-at-elevated-temperature reinforcement, and heat-resistant improvement. the cast structure by which a part for nickel not dissolving is got with die casting -- setting -- a primary phase Si -- the same -- aluminum<sub>3</sub> nickel. aluminum<sub>3</sub> nickel<sub>2</sub>. and aluminum<sub>3</sub> nickel (Cu)<sub>2</sub> etc. -- it crystallizes as an intermetallic compound and becomes a massive crystallization object. High temperature strength improves also with these stable intermetallic compounds at an elevated temperature. and abrasion resistance is improved. In order to secure required high temperature strength, in this invention, nickel content was set up to 3% of the weight or more. However, if nickel content exceeds 7 % of the weight, fatigue-at-elevated-temperature reinforcement will fall into a molten metal with aluminum<sub>3</sub> nickel which it becomes easy to crystallize primary phase aluminum<sub>3</sub> nickel, and grew big and rough. Moreover, it will be necessary to make casting temperature into an elevated temperature.

[0012] Fe: While preventing printing to metal mold at the time of 0.2 - 1.5-% of the weight die casting, by crystallizing as various intermetallic compounds, it is the alloy content which raises high temperature strength, and the addition effectiveness of Fe becomes remarkable at 0.2 % of the weight or more. However, if Fe of the excessive amount exceeding 1.5 % of the weight is contained, the big and rough needlelike crystallization object of an aluminum-Fe system will generate, and fatigue-at-elevated-temperature reinforcement will be degraded.

Mn: It is the alloy content which crystallizes massive as an intermetallic compound of an aluminum-Fe-Mn-Si system 0.2 to 1.0% of the weight, and raises high temperature strength. Moreover, generation of the big and rough needle shape crystal of an aluminum-Fe system is also suppressed by Mn addition. Such an operation becomes remarkable with 0.2% of the weight or more of Mn content. However, if Mn content exceeds 1.0 % of the weight, Mn system crystallization object will become big and rough, and fatigue-at-elevated-temperature reinforcement will be reduced on the contrary.

[0013] A primary phase Si is made detailed P:0.003 to 0.015% of the weight, and generation of the big and rough primary phase Si to which fatigue-at-elevated-temperature reinforcement is reduced is controlled. Moreover, the operation which adjusts the size of Eutectic Si to average die length of 2-5 micrometers effective in abrasion resistance is presented. A detailed-ized operation of a primary phase Si becomes remarkable with 0.003% of the weight or more of P content. However, if P of the excessive amount exceeding 0.015 % of the weight is contained, fluidity nature will get worse.

calcium: Worsen fluidity nature 0.002 or less % of the weight, and present the operation which makes Eutectic Si detailed too much. In this invention, since Eutectic Si is made to pay abrasion resistance, calcium content is lessened as much as possible so that Eutectic Si may not be made detailed too much. If calcium content exceeds 0.002 % of the weight, Eutectic Si will begin to be made detailed from calcium, and the inclination for abrasion resistance to fall will be seen.

[0014] Ti: Ti, B, Cr, and Zr are components (0.01-0.3 % of the weight, B:0.0001 - 0.03 % of the weight, Cr:0.01-0.3 % of the weight, and Zr:0.01-0.3 % of the weight) added if needed, and at least one or more sorts of its all are effective in improvement in abrasion resistance and high temperature strength. Ti and B make alpha-aluminum casting crystal grain detailed, and improve high temperature strength, and detailed-ized effectiveness becomes remarkable by 0.01% of the weight or more of Ti addition, and 0.0001% of the weight or more of B addition. however -- B addition exceeding Ti addition exceeding 0.3 % of the weight, or 0.03 % of the weight -- TiAl<sub>3</sub> and TiB<sub>2</sub> etc. -- a big and rough intermetallic compound crystallizes and fatigue-at-elevated-temperature reinforcement is reduced. Cr: Although the detailed-ized effectiveness of casting crystal grain becomes remarkable at the improvement effectiveness wear-resistant at more than 0.01 % of the weight, and more than Zr:0.01 % of the weight, in the excessive amount exceeding 0.3 % of the weight. all serve as a big and rough intermetallic compound, and reduce fatigue-at-elevated-temperature reinforcement.

[0015] Other impurities: Impurities, such as Na, Sr, Sb, and Zn, mix in the aluminium alloy used by 0.2 or less % of the weight this invention of total quantities from a scrap metal etc. Since it is used as a piston which contacts a cylinder and slides in an elevated-temperature ambient atmosphere, it is important to manage so that the big and rough compound between oxide metallurgy groups harmful to fatigue-at-elevated-temperature reinforcement may not mix as much as possible into a product. Zn may cause [ of a casting crack ] generating. Few these points and impurities were so desirable that there were, and regulated impurities, such as Na, Sr, Sb, and Zn, to 0.2 or less % of the weight with the total quantity in this invention.

[0016] After blowing N<sub>2</sub>, Ar gas, etc., carrying out degasifying processing of the aluminium alloy molten metal

ingoted by the preparation predetermined presentation of a molten metal and supplying deslag flux. it holds 30 minutes or more preferably at 740-780 degrees C. The floatation of inclusion, such as an oxide, becomes less enough [ the retention temperature which will become uneconomical in energy if retention temperature exceeds 780. and does not amount to 740 degrees C conversely ] as. As maintenance processing, when raising productivity, as for a casting furnace, it is desirable to use a special holding furnace. By maintenance processing, the intermetallic compound already produced in the raw material metal is fully melted by the molten metal, and the cause of a fatigue crack is removed beforehand. Floatation also of the furnace slag used as the origin of fatigue breaking is carried out by maintenance processing from a molten metal.

[0017] Casting is presented with the aluminium alloy molten metal by which maintenance processing was carried out, when the temperature is lowered and it becomes 650-740 degrees C. If die casting is carried out at the temperature exceeding 740 degrees C, the life of metal mold will become short and it will become easy to produce printing of the molten metal to metal mold. Conversely, at the casting temperature of less than 650 degrees C, the fluidity of the molten metal pressed fit in metal mold gets worse, and it becomes easy to generate a casting defect thick [ poor ]. The time amount with a casting temperature of 650-740 degrees C which holds a molten metal at low temperature comparatively is so desirable that it is short. If the holding time at this time exceeds 30 minutes, intermetallic compounds, such as aluminum<sub>3</sub> nickel, TiAl<sub>3</sub>, TiB<sub>2</sub>, and Mg-Sb, will begin to crystallize in a molten metal. An intermetallic compound grows, and if it becomes a big and rough intermetallic compound and distributes in a product, it will become the cause of fatigue-at-elevated-temperature destruction.

[0018] It precedes pressing fit in metal mold the aluminium alloy molten metal in which the metal mold cavity carried out controlled atmosphere maintenance processing, vacuum suction of the cavity is carried out, and, subsequently oxygen is blown by the pressure more than atmospheric pressure. N<sub>2</sub> which is in a cavity when a cavity is decompressed in degree of vacuum of 100mb or less etc. -- gas constituents decrease. In order to decompress to the degree of vacuum of 100mb, it is desirable to fill up the joint of metal mold etc. with a sealant and to prevent invasion of the open air. Subsequently, the oxygen blown when oxygen was blown by the pressure more than an atmospheric pressure serves as a high-speed style, it spreads to all the corners of a cavity, and even if the steam originating in the lubricant applied to the release agent applied to the metal mold inside or the plunger is completely probed by the oxygen style and is in the cavity of a complicated configuration, it becomes an ambient atmosphere without air, a steam, etc. Since the cavity is maintained by the pressure more than atmospheric pressure at this time, invasion of the open air is suppressed. Since an aluminium alloy molten metal is pressed fit in the cavity by which the controlled atmosphere was carried out, in case an aluminium alloy molten metal carries out cooling coagulation within a cavity, harmful gas components, such as air and a steam, are not involved in an aluminium alloy. Moreover, the oxygen in a cavity reacts with an aluminium alloy molten metal, and it is a resultant aluminum 2O<sub>3</sub>. In order to distribute to a matrix as a very fine particle, it does not have a bad influence on the die-casting product obtained.

[0019] It becomes possible to lower the amount of occluded gas contained in a die-casting product to below one cc / 100g-aluminum by such controlled atmosphere. Since the amount of occluded gas is reducing the obtained die-casting product sharply, when the conventional die-casting product is heat-treated, bulging generated on the product front face is not detected, but it can raise a mechanical strength by heat treatment of T5 processing, T6 processing, etc. Moreover, also when using it as a piston in the elevated-temperature ambient atmosphere, there is no expansion of occluded gas and smooth operation is attained over a long period of time. Furthermore, that there are extremely few amounts of occluded gas means that there are not a blowhole used as the origin of fatigue-at-elevated-temperature destruction, porosity, etc., and it can call it the ingredient suitable for the piston as which high temperature strength, fatigue-at-elevated-temperature reinforcement, and abrasion resistance are required also at this point.

[0020] As for the aluminium alloy pressed fit in the cavity by which the cast structure controlled atmosphere was carried out, the piston made from die casting with very few amounts of occluded gas is obtained. And since mean particle diameter of the primary phase crystallization object of a primary phase Si, an aluminum-nickel system, and an aluminum-nickel-Cu system is made into the range of 5-10 micrometers by the quality governing, it is satisfied with an elevated-temperature ambient atmosphere of the abrasion resistance and high temperature strength which are required of the piston which contacts a cylinder and is operated. The primary phase crystallization object with which mean particle diameter exceeds 10 micrometers causes [ of fatigue-at-elevated-temperature destruction ] crack initiation, and runs short of abrasion resistance by the primary phase crystallization object with a mean particle diameter of less than 5 micrometers.

[0021] The average number of inclusion: It is 2 0.01 pieces/cm at K10 value. The inclusion originating in the foreign matter mixed from crystallization intermetallic compounds, such as an oxide film by oxides, such as aluminum, Na, calcium, Sr, and Mg, an aluminum-Si-Fe system, an aluminum-Ti system, a Ti-B system, and a Mg-Sb system, the big and rough intermetallic compound which cannot dissolve at the time of the metal dissolution, internal insulation, a tool, etc. is observed with a naked eye, a 10 time magnifier, by the cast structure obtained with die casting below. In order to

give the fatigue strength demanded as a piston, big and rough inclusion is set within an observation visual field, and it is 2 0.01 pieces/cm. Stopping below is important. The average number of inclusion observes the fracture surface of the cast alloy ingredient with a magnifier 10 times, and is displayed with K10 value which converted the counted number into per unit area. On the occasion of measurement of the average number, the 2 fracture surface on either side is made into a piece, and 5-6 pieces are evaluated as one sample. At this invention, it is 2 the area of 25cm further. It considered as the data of one sample and the average number of inclusion was computed as the average of the data of seven samples. Thus, K10 calculated value is 2 0.01 pieces/cm. The elongation property and fatigue strength which were excellent in it being the following are given to an alloy ingredient. On the other hand, K10 value is 2 0.01 pieces/cm. When exceeding, the fatigue strength to need is not obtained.

[0022] 0.01 piece/cm<sup>2</sup> The following K10 values can be attained by the following approach. While stopping Na, calcium, Sr, Sb, Zn, Pb, Sn, Bi, etc. which are mixed at the time of alloy combination as much as possible by selection of a feed ingredient, floatation is carried out from a molten metal by making into furnace slag Na, calcium, Sr, Sb, Zn, Pb, Sn, Bi, etc. which have been mixed by carrying out elevated-temperature maintenance of the molten metal 30 minutes or more preferably at 740-780 degrees C after the oxidation at the time of an ingot. If the slag which surfaced is removed from a molten metal, it will become very few aluminium alloy molten metals, such as Na, calcium, Sr, Sb, Zn, Pb, Sn, and Bi. Although Mg, aluminum, etc. serve as an oxide film and float on a molten metal front face, these oxide films are separated from a molten metal at the time of raking out the slag. Furthermore, Fe, Ti, Sb, etc. are FeAl<sub>3</sub> by shortening the low-temperature holding time at the time of casting. A system and TiAl<sub>3</sub> It controls growing up to be a big and rough crystallization object as a system and a Mg-Sb system compound. The inclusion originating in internal insulation or a tool is separated from a molten metal by 740-780-degree C maintenance processing.

[0023] the piston made from heat treatment die casting -- T5 processing or T6 processing -- Mg<sub>2</sub> Si and CuAl<sub>2</sub> etc. -- by making it deposit, reinforcement improves further. In T5 processing, a casting is heated at 170-230 degrees C for 1 to 10 hours. By T6 processing, water quenching is carried out after the solution treatment of 470-500 degree-Cx 1 - 10 hours, and aging treatment is carried out in 170-230 degree-Cx 1 - 10 hours. On the occasion of hardening, ordinary temperature -80 degree C water is used. If it separates from this heat treatment condition, sufficient treatment effect will not be acquired or heat treatment cost will become high. Although processing cost becomes high since T6 processing is accompanied by solution-ization, higher mechanical strength is obtained. Since the amount of occluded gas is stopped very low by the controlled atmosphere of a metal mold cavity, gas constituents expand with heating at the time of heat treatment, and the casting heat-treated does not generate bulging. This point is just going to be different from the conventional die-casting product greatly. Moreover, although reinforcement falls a little as long as the design value demanded is satisfied, aging treatment temperature is made high, distortion of the dimension by aging deposit is suppressed, and the stabilization processing which also lessens the amount of machining can also be adopted. The aging conditions in this case are set up in 230-350 degree-Cx 1 - 5 hours. This aging condition is usable also as aging conditions for T5 processing and T6 processing, if it takes into consideration that the maximum service temperature of this invention piston is 350 degrees C.

[0024]

[Example] Rotation Rota to N<sub>2</sub> Gas was made to blow off for 30 minutes, and degasifying processing of the aluminium alloy molten metal which carried out the quality governing was carried out. Subsequently, deslag processing was carried out using deslag flux, floatation of the inclusion was fully carried out from the molten metal by holding for 45 minutes at 750 degrees C, and the slag which is floating on the molten metal front face was removed. The prepared aluminium alloy molten metal Si: 12.6 % of the weight, Cu: 4.2 % of the weight, Mg: 1.2 % of the weight, nickel: 4.5 % of the weight, Fe: 0.51 % of the weight, Mn: 0.35 % of the weight, P: The remainder 0.007 % of the weight, calcium: 0.001 % of the weight, Ti: 0.02 % of the weight, B: 0.0001 % of the weight, Cr: 0.08 % of the weight, Zr: 0.05 % of the weight, Na < 0.001 % of the weight, Sr < 0.001 % of the weight, Sb < 0.001 % of the weight, and Zn: 0.03 % of the weight an impurity It removed and had the presentation of aluminum.

[0025] When an aluminium alloy molten metal lowered the temperature at 660 degrees C, it cast to the die-casting die and the piston with an outer diameter [ of 84mm ] and a height of 72mm was manufactured with the configuration shown in drawing 1 . In addition, the release agent was applied to the inside of the metal mold heated at 200-degrees C in advance of casting, vacuum suction of the cavity was carried out in the amount of suction of 700mb/second, it decompressed in degree of vacuum of 75mb, and the controlled atmosphere was carried out by subsequently making oxygen blow and overflow by the pressure of 1200mb. Moreover, lubricant was applied also to the plunger which presses an aluminium alloy molten metal fit in a cavity. After the aluminium alloy cast by the cavity by which the controlled atmosphere was carried out carried out cooling coagulation, the casting was picked out for the piston which is a product from metal mold. While starting and carrying out component analysis of the obtained piece of a product blank test, it gazed at the microstructure and the number of the amount of occluded gas and inclusion was measured. Moreover, the mechanical property was investigated after performing T5 processing of 220 degree-Cx 6-hour heating

to the product after casting. the amount of occluded gas -- run ZURE -- it measured by law.

[0026] A notch is put in and fractured to the long thick plate with a height [ of 0.5cm ], and a die length of 5cm cut down from the cast piston in number measurement of inclusion. With a naked eye and a 10 time magnifier, per one sample The 10 0.5cmx5cm fracture surface (2nd page), That is, the area of 2 is observed 25cm in total, it considers as the data of one sample, the number of inclusion is counted as the average of the data of seven samples, and it is the number of counts 1cm 2 K10 value was computed by converting. Inclusion was presenting the color tone with which the inclusion which most is an oxide system and is about 0.1-3mm was tinged black. Results of an investigation are shown in Table 1. In addition, except casting in a gravity casting method for a comparison, without carrying out maintenance processing, after carrying out degasifying and deslag processing of the piston (example 1 of a comparison) manufactured under the same conditions, and the aluminium alloy molten metal dissolved at 780 degrees C, when it fell at 660 degrees C, it investigated similarly about the piston (example 2 of a comparison) cast and manufactured to the metal mold with which the controlled atmosphere of the cavity was carried out.

[0027] Since the example 1 of a comparison was made from the aluminium alloy molten metal prepared under the same conditions, the number of inclusion was almost the same, but since it was manufactured by the gravity casting method a cooling rate is slow, the primary phase Si had the cast structure at mean particle diameter where the 16-micrometer and aluminum-nickel system and an aluminum-nickel-Cu system crystallization object are as big as 35 micrometers with mean particle diameter. The hot mechanical property was inferior for the big and rough crystallization object. However, there were few amounts of occluded gas a little than the example of this invention and the example 2 of a comparison which were manufactured by pressure die casting. In the example 2 of a comparison, since maintenance processing of inclusion which carries out floatation was not performed, much inclusion distributed for the obtained die-casting product. Moreover, although the amount of occluded gas was low, the mechanical property hot by the comparison with the example of this invention was inferior. On the other hand, in the example of this invention, inclusion had the organization which few crystallization objects of proper magnitude distributed. Although the amount of occluded gas was one sort of pressure die casting, it showed the almost same low value as the example 1 of a comparison manufactured by gravity casting. since it was such, it was markedly alike from the gravity casting method, and pressure die casting with high productivity showed that it could be enough used as a piston of the direct injection mold engine with which the tensile strength in 350 degrees C works in an elevated-temperature ambient atmosphere by setting 100 or more MPas and fatigue-at-elevated-temperature reinforcement (x10<sup>7</sup> cycle) to 60 or more MPas.

[0028]  
表 1 : ダイカスト製ピストンの物性に及ぼす製造条件の影響

試験区分		本発明例	比較例 1	比較例 2
ダイカスト法		真空引き →酸素吹込み	重力鋳造	真空引き →酸素吹込み
溶湯保持	温度 (℃)	750	750	保持処理せず
	時間 (分)	45	45	
共晶 S i の平均長さ (μm)		5.8	16	6.5
Al-Ni 系, Al-Ni-Cu 系 晶出物の平均粒径 (μm)		7.5	35	7.2
介在物の個数 (個 / c m <sup>2</sup> )		0.002	0.003	0.015
吸蔵ガス量 (cc/100g-Al)		0.4	0.3	0.4
T 5 処理材 350℃での 機械的性質	引張強さ (MPa)	105	66	89
	高温疲労強度 (Mpa)	62	43	53
疲労強度は、1 0 <sup>7</sup> サイクル後の値で示す。				

[0029]  
[Effect of the Invention] As explained above, since the amount of occluded gas is stopped very low in spite of being manufactured by pressure die casting, the piston made from die casting of this invention does not have casting defects used as the origin of fatigue breaking, such as a blowhole and porosity, and can also raise reinforcement by heat treatment without generating of bulging. Thus, since it can manufacture by the pressure die casting excellent in productivity, it is used for various internal combustion engines including the direct injection mold engine which works

in an elevated-temperature ambient atmosphere, and the piston made from die casting excellent in high temperature strength, fatigue-at-elevated-temperature reinforcement, and abrasion resistance is offered cheaply.

---

[Translation done.]